

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 10 - 2 6 8 9 1 6

(43) 公開日 平成10年(1998)10月9日

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

F I

G 0 5 B 19/404

G 0 5 B 19/18

G

19/4155

G 0 5 D 3/00

V

G 0 5 D 3/00

G 0 5 B 19/403

V

審査請求

有

請求項の数 4

F D

(全 1 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-87537

(71) 出願人 390008235

ファナック株式会社

(22) 出願日 平成9年(1997)3月21日

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

(72) 発明者 前田 和臣

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地
ファナック株式会社内

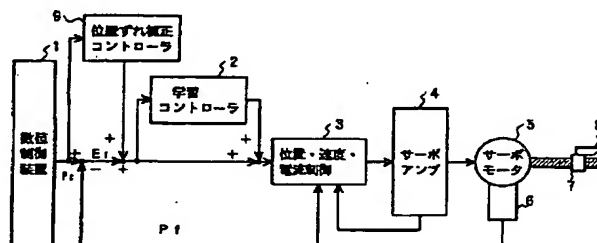
(74) 代理人 弁理士 竹本 松司 (外4名)

(54) 【発明の名称】 移動方向反転時の位置補正方法

(57) 【要約】

【課題】 ボールネジのバックラッシュ、ねじれ、ワークのたわみをも考慮して位置補正を行なう移動方向反転時の位置補正方法を得る。

【解決手段】 数値制御装置 1 から出力される移動指令 P_c から位置のフィードバック値 P_f を減じて位置偏差を求める。また学習制御コントローラ 2 によって該位置偏差から補正量を求め位置偏差に加算する。さらに、移動方向が反転するときに、バックラッシュやボールネジ 7 のねじれ、ワークのたわみ等によって生じる指令位置と実際の位置のずれを予め測定し補正量として設定しておく。移動指令 P_c の符号が反転した時、位置ずれ補正コントローラ 9 によって上記設定補正量を位置偏差に加算し補正する。この補正された位置偏差によって位置・速度・電流制御 3 を行ないサーボモータ 5 を駆動し、工具 8 を移動させる。切削圧力によってたわむようなワークに対しても精度の高い加工を得ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 移動方向反転時における指令位置と実際の位置のずれ量を予め測定しもしくは予測し、加工プログラム中の加工形状の加工指令の前に、上記ずれ量に基づいて補正量を設定しておき、加工時において移動指令の方向が反転した時、該移動指令に対して上記補正量を補正するようにした移動方向反転時の位置補正方法。

【請求項 2】 1つのワークを複数の加工形状に別けて加工する場合、加工形状毎に移動方向反転時における指令位置と実際の位置のずれ量を予め測定しもしくは予測し、加工プログラム中の各加工形状の加工指令の前に、該加工形状に対応する上記ずれ量に基づいて補正量を設定しておき、各加工形状の加工時において移動指令の方向が反転した時、該移動指令に対して上記補正量を各々補正するようにした移動方向反転時の位置補正方法。

【請求項 3】 上記補正量の補正は、設定されたパターンによって補正する請求項 1 または請求項 2 記載の移動方向反転時の位置補正方法。

【請求項 4】 同一加工を繰り返し行なう加工であって、学習制御をも共に行なう請求項 1、請求項 2 または請求項 3 記載の移動方向反転時の位置補正方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、工作機械を制御する数値制御装置において、移動指令の反転時に生じる指令位置と実際の位置との差を少なくするための位置補正方法に関する。特に同一加工を繰り返し行なう加工に適した位置補正方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 同一加工を繰り返し行なう場合、加工指令が繰り返しであることを利用して高精度の加工を実現する学習制御（繰り返し制御）が、例えば、特開平 4-323705 号公報、特開平 6-309021 号公報等に開示されているように、従来から知られている。

【0003】 図 2 は、この学習制御を行なうセミクローズド・ループのサーボ制御システムの一例である。数値制御装置 1 から指令される移動指令 P c からサーボモータ 5 に取り付けられた位置・速度検出器 6 からの位置のフィードバック量 P f を減じて位置偏差を求め、該位置偏差に学習コントローラ 2 で求めた補正量を加算し位置・速度・電流制御コントローラ 3 に入力する。位置・速度・電流制御コントローラ 3 では、この加算された位置偏差に位置ゲインを乗じて速度指令を求め、該速度指令から位置・速度検出器 6 で検出されフィードバックされてくる速度フィードバック値を減じて速度偏差を求め、比例、積分制御等を行なってトルク指令（電流指令）を求め、さらにサーボアンプ 4 に設けられた電流検出器からフィードバックされる電流に基づいて電流のフィードバック制御を行ない、トランジスタインバータ等で構成されるサーボアンプ 4 を介してサーボモータ 5 に電流を流

し該サーボモータ 5 を駆動する。サーボモータ 5 はボールネジ／ナット機構 7 によって回転運動を直線運動に変換し、ワークを取り付けたテーブルや、工具を駆動する。図 2 においては、ボールネジ／ナット機構 7 によって工具 8 を駆動する例をあげている。

【0004】 学習コントローラ 2 は移動指令 P c の繰り返し周期の 1 周期分のデータを記憶する記憶部を有し、位置偏差と該記憶部に記憶する繰り返し周期の 1 周期前のデータを加算し、フィルタ処理を行なって該メモリに記憶すると共に、該 1 周期前データに対して位相遅れ、ゲイン低下を補償して補正量として出力するものである。この補正によって、位置偏差が補正され、加工精度を向上させるものである。

【0005】 上述したようなセミクローズド・ループのサーボ制御システムに学習制御を適用した場合においては、学習制御によってサーボモータ 5 の回転位置が数値制御装置 1 から指令される移動指令 P c により正確に追従するように補正するものであり、移動位置どおりにサーボモータ 5 を正確に駆動することができる。

【0006】 しかし、ボールネジ／ナット機構 7 には、バックラッシュがあり、移動指令の符号が反転する時、すなわちサーボモータ 5 の回転方向が反転する時、ボールネジ／ナット機構 7 によって直線移動するテーブルや工具 8 は、バックラッシュ分だけ移動が停止し、移動指令 P c に追従しなくなる。このバックラッシュによる追従遅れは、上記学習制御によっては解決することはできない。

【0007】 従来は、このバックラッシュの補正方法として、数値制御装置 1 が、加工プログラムや送り信号によりサーボ制御システムに移動指令 P c を指令する際に、移動方向の反転を判定し、反転する場合には、予め設定しておいたバックラッシュ補正量 10 を移動指令 P c と共に指令し、サーボ制御システムが移動指令 P c にこのバックラッシュ補正量を加算することで追従遅れを解消する方法をとっている。このバックラッシュ補正量は、その軸のボールネジ／ナット機構 7 等によって決まっており、一般的には、その補正量を変更することはない。

【0008】 また、図 3 に示すようにサーボモータ 5 で駆動されるテーブルや工具 8 の位置を直接位置検出器 11 で検出して位置のフィードバックを行なうフルクローズド・ループでサーボ制御システムで構成し、さらに学習コントローラ 2 を付加して制御を行えば、直接テーブルや工具 8 の位置をフィードバック制御することから、ボールネジ／ナット機構 7 のバックラッシュの影響はなく、正確に指令位置に追従する制御系を得ることができる。なお、図 3 において符号 12 はサーボモータ 5 の回転速度を検出する速度検出器である。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 図 2 に示すセミクロー

ズド・ループによるサーボ制御システムにおいて、加工速度が遅い場合、すなわち、サーボモータ 5 の回転速度が遅い場合には、バックラッシュ補正量によってバックラッシュ補正を行なうことによって、追従遅れを補正して加工精度のよい加工を行なうことができるが、加工速度を上げ高速で加工を行なう場合には、ボールネジの回転方向が変わるとき、慣性によるボールネジのねじれ等の影響が出て指令位置と実際の位置のずれが増大する。この位置ずれは、加工速度等の加工条件によって異なるため、機械毎に固定されたバックラッシュ補正量を位置偏差に加算するだけの、従来のバックラッシュ補正方法で修正することができず、加工精度を向上することができない。

【0010】また、中空のワークに対して加工するような場合、加工中、工具からの切削圧力によってワークがたわむような場合がある。即ち、ワークが中空であることから、ワーク中心方向への切削圧力を工具から受けた場合ワークはたわみを生じる。しかも、工具刃先の進行方向によって（進行方向がワークに対して突っ込む方向かワークから逃げる方向かによって）、その切削圧力も異なりたわみ量も異なる。しかし、このようなワークがたわむことによって生じる加工誤差を従来の固定されたバックラッシュ補正等では補正することはできず、加工精度を悪化させる。

【0011】図 3 に示すようにフロクローズド・ループのサーボ制御システムを用いた場合には、工具やテーブル（ワーク）の位置を直接検出するものであるから、ボールネジのバックラッシュ等による影響を排除し加工精度を向上することができるが、しかし、中空のワークに対する加工のような切削圧力によってワークがたわむような場合には、この制御システムを用いたとしても加工精度を向上することができない。そこで、このワークたわみ量をも含めバックラッシュ補正をしようとすると、上記ワークのたわみは、加工形状によって、そのたわみ量が異なることから、加工形状毎に、その補正量を求め、補正しなければならないことになる。

【0012】例えば、同一ワーク（中空のワーク）に加工形状 1 と加工形状 2 を加工する場合、上記ワークのたわみに対する補正量をも含むバックラッシュ補正量によって、従来のバックラッシュ補正方法を用いて、形状誤差を少なくするようにすると、各加工形状毎にバックラッシュ補正量を変更しなければならない。加工形状毎にバックラッシュ補正量を変えて補正するとすれば、必ずその時点まで補正してきた補正量の総和が「0」になるように移動方向を調整してから新たな補正值に変更する必要がある。もし、補正量の総和が「0」でない状態で補正量を変更すると、変更前の補正量と、変更後の補正量の差分だけ指令位置と実際の位置が異なることになる。

【0013】図 10 は、従来のバックラッシュ補正方式

によって、バックラッシュ補正量に上記ワークのたわみ量をも含めてバックラッシュ補正を行なうものとした時のプログラム作成手順を示す図である。

【0014】まず、加工形状 1、2 において、移動方向反転時の指令位置に対するワークの形状位置とのずれ量 H_1 、 H_2 を予め測定しておく。そして、加工形状 1 までの移動プログラムを作成する（プログラムステップ PS_1 ）。次に、バックラッシュ補正量 H_0 （なお、この補正量 H_0 は、バックラッシュに対応するもので、ワークのたわみ等を含まない通常のバックラッシュ補正量である）による補正量の総和が「0」になるように移動方向を調整するプログラムを作成する（プログラムステップ PS_2 ）。この移動方向の調整は、移動方向が負の方向から正の方向に反転した時、正の補正量を移動指令に加算し、正から負の方向に反転した時は負の補正量を加算していることから、反転の回数が偶数回でない補正量の総和が「0」とならない。そのため、偶数回の補正になるように補正量を変更する前に最後の移動方向を調整するようにプログラムするものである。

【0015】次にバックラッシュ補正量として加工形状 1 のための補正量 H_1 をプログラムし、加工形状 1 を加工する加工のプログラムを作成する（プログラムステップ PS_3 、 PS_4 ）。続いて、加工形状 2 の位置まで移動するプログラムを作成し（プログラムステップ PS_5 ）、プログラムステップ PS_2 と同様に、加工形状 1 の加工を開始してからこの時点までのバックラッシュ補正の総補正量が「0」になるように移動方向を調整するプログラムを作成し、続いて加工形状 2 のためのバックラッシュ補正量 H_2 を設定するプログラムを作成する（プログラムステップ PS_6 、 PS_7 ）。

【0016】次に、加工形状 2 を加工する加工のプログラムを作成し、その後、バックラッシュ補正量が「0」になるように移動方向を調整するプログラムを作成し、バックラッシュ補正量を通常の値 H_0 に戻し、初期の位置まで移動するプログラムを作成することになる（プログラムステップ $PS_8 \sim PS_{11}$ ）。

【0017】以上のように、加工形状によって異なるワークのたわみ量をも補正する補正量を従来のバックラッシュ補正方法によって補正するには、補正量を変える前にそれまでの総補正量が「0」となるように調整プログラム作成する必要があり、加工プログラムの作成が難しくなるという欠点がある。

【0018】そこで、本発明の目的は、移動指令が反転したとき生じる位置ずれを補正する移動方向反転時の位置補正方法を提供することにある。また、本発明の目的は、加工形状によって異なるワークのたわみによる加工形状のずれを簡単に補正することができる移動方向反転時の位置補正方法を提供することにある。さらに、本発明の目的は、ボールネジ等のバックラッシュ、ねじれ、ワークのたわみをも考慮して位置補正を行なう移動方向

反転時の位置補正方法を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明は、移動方向反転時における指令位置と実際の位置のずれ量を予め測定しもしくは予測し、加工プログラム中の加工形状の加工指令の前に、上記ずれ量に基づいて得られる補正量を設定しておき、加工時において移動指令の方向が反転した時、該移動指令に対して上記補正量を補正するようにする。

【0020】また、1つのワークを複数の加工形状に別けて加工する場合、加工形状毎に移動方向反転時における指令位置と実際の位置のずれ量を予め測定しもしくは予測し、加工プログラム中の各加工形状の加工指令の前に、該加工形状に対応する上記ずれ量に基づいて得られた補正量を設定しておき、その加工形状の加工時において移動指令の方向が反転した時、該移動指令に対して上記補正量を各々補正するようにする。さらに、この補正量の補正は設定されたパターンによって補正する。また、同一加工を繰り返し行なう加工に適用し、学習制御をも共に上記移動方向反転時の移動指令の補正をも行なう。

【0021】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の一実施形態のサーボ制御システムの機能ブロック図である。図2とこの図1を比較して分かるように、本発明の一実施形態では、図2に示すセミクローズド・ループの学習コントローラ2を有するサーボ制御システムにさらに位置ずれ補正コントローラ9が付加され、バックラッシュ補正量10の補正が削除されている。

【0022】この位置ずれ補正コントローラ9は、数値制御装置1から出力される移動指令Pcの符号が反転した時、予め設定された補正量を位置偏差に加算するものである。すなわち、数値制御装置1から移動指令Pcが出力されると該移動指令Pcから、サーボモータ5に取り付けられた位置・速度検出器6からの位置のフィードバック量Pfを減じて位置偏差を求め、該位置偏差に基づいて前述したように学習コントローラ2で補正量を求め、位置偏差にこの補正量を加算して位置・速度・電流制御回路3に入力する。位置・速度・電流制御回路3では、前述したように、位置偏差より速度指令を求め、該速度指令と位置・速度検出器6からの速度フィードバック量に基づいて速度ループ制御を行なってトルク（電流）指令を求め、該トルク（電流）指令とサーボアンプ4に設けられた電流検出器（図示せず）で検出された駆動電流のフィードバック値によって電流ループ処理を行なってサーボアンプ4を制御してサーボモータ5を駆動制御し、テーブルまたは工具8を駆動制御する。

【0023】以上述べた動作は従来と同じであるが、本発明においては、位置ずれ補正コントローラ9が設けられ、該位置ずれ補正コントローラ9は、数値制御装置1

から出力される移動指令Pcを監視し、該移動指令Pcの符号が反転したとき、すなわち、数値制御装置1から出力されるサーボモータ（テーブル若しくはバイト）への移動方向が反転したとき、予め加工形状毎に設定された補正量を設定所定パターンで、上記位置偏差に加算して位置・速度・電流制御コントローラ3、さらに学習コントローラ2に入力するようにしている。この位置ずれ補正コントローラ9を設けた点が本発明の特徴である。

【0024】なお、この位置ずれ補正コントローラ9による補正量は、位置偏差に加算されるものであり、結局、位置指令に加算されるものと同等である。従来のバックラッシュ補正量が位置指令に加算されることから、この実施形態では、位置ずれ補正コントローラによる各加工形状毎の補正量にバックラッシュによる補正量も含めるものとしている。

【0025】また、この位置ずれ補正コントローラ9による補正は、加工中のみ行なわれ、加工中の補正量の総和は必ず「0」になる（詳細は後述する）。これにより、加工プログラムの作成が例えば、図10のように複雑なものとならず、後述する図11のように、加工形状による補正量の設定を変更するのみで、加工形状毎に最適な補正量を簡単に与えることができる。

【0026】図4は、本発明の位置補正方法を実施する工作機械におけるサーボ制御系の要部ブロック図である。1は工作機械を制御する数値制御装置、21は該数値制御装置1から出力されるサーボモータ5への各種指令等を受信し、ディジタルサーボ回路22のプロセッサに受け渡すための共有メモリ、22はディジタルサーボ回路であり、プロセッサ、ROM、RAM等で構成され、プロセッサによってサーボモータ5の位置、速度、電流制御などを行うと共に繰り返し制御処理、および本発明の特徴とする位置ずれ補正制御をも実行するものである。すなわち、図1に示す機能ブロック図における学習コントローラ2の処理、位置・速度・電流制御コントローラ3の処理、位置ずれ補正コントローラ9の処理を行なうものである。4はトランジスタインバータ等で構成されるサーボアンプ、5はボールネジ／ナット機構7を介して回転運動を直線運動に変換してテーブルや工具8を駆動するサーボモータ、6はサーボモータ5の回転位置・速度を検出しディジタルサーボ回路13にフィードバックする位置・速度検出器としてのパルスコードである。

【0027】上記構成は工作機械等のディジタルサーボ回路を用いた公知のサーボモータの制御の構成と同一であるが、従来のものと相違する点は、ディジタルサーボ回路13のプロセッサによって、位置ずれ補正処理をも実行し、位置ずれ補正制御も行なう点が従来の、サーボモータのセミ・クローズドループ制御において学習制御も行なうディジタルサーボ回路と異なる点である。

【0028】まず、試切削加工等を行なって移動方向が

反転したとき、指令位置と実際の位置のずれ量を加工形状毎に測定する。本実施形態では、図2におけるバックラッシュ補正を行わずに試し加工を行ない上記ずれ量を測定する。そして、加工プログラムに加工形状毎このずれ量に基づいて位置ずれ補正量を設定する（なお、この位置ずれ補正量は、後述するように、位置ずれ補正の補正パターンによって異なるものとなる）。例えば、図10で示した加工形状1、2を加工する際の加工プログラムを本実施形態に適用するプログラムとして作成するときは、図11に示すような手順で加工プログラムを作成すればよい。

【0029】加工形状1まで移動するプログラムを作成し（プログラムステップPT1）、次に加工形状1に対して上記測定したずれ量に基づいて得られ位置ずれ補正量H1をプログラムし（プログラムステップPT2）、加工形状1の加工プログラムを作成した後、加工形状2の位置までの移動指令のプログラムを作成する（プログラムステップPT3、PT4）。次に、加工形状2に対して上記測定したずれ量に基づいた位置ずれ補正量H2をプログラムした後、加工形状2の加工プログラムを作成し、その後初期の位置に戻る指令をプログラムする（プログラムステップPT5～PT7）。

【0030】図10に示す従来のバックラッシュ補正方式を適用して加工形状毎に位置ずれを補正する方法と比較して、加工形状加工開始前にバックラッシュ補正量の総和を「0」にするプログラムステップPS2、PS6、PS9等のプログラムを作成しなくてよいというメリットが本発明にはある。

【0031】こうして作成された加工プログラムを数値制御装置1にロードし、加工プログラムの実行を行なった際、数値制御装置1のプロセッサは上記PT2、PT5の位置ずれ補正量が設定されたプログラムを読み出すと、この読み出した補正量を共有メモリ21に書き込み、デジタルサーボ回路22のプロセッサは、この書き込まれた位置ずれ補正量に基づいて、移動方向反転時に後述する位置ずれ補正を行なう。

【0032】この位置ずれ補正量は実際に測定して得るものであるから、ボールネジ等の伝動機構におけるバックラッシュ、該伝動機構のねじれやたわみによる位置ずれおよび切削圧力によるワークのたわみ量も考慮されて位置のずれ量が測定されることになり、移動方向反転時に生じる様々な原因による位置ずれを包含した補正量となる。

【0033】また、加工形状やワークの材質等に応じてこの補正量を補正する補正パターンが複数も設けられており、本実施形態においては、2つ補正パターンが設定されており、それを選択できるようにしている。そして、加工開始前には数値制御装置1にこの補正のパターンを選択設定し、選択パターンに対応した補正量および補正回数を予め設定しておく。

【0034】図5、図6は、上記デジタルサーボ回路13のプロセッサが、位置・速度ループ処理周期毎実行する処理における位置ずれ補正の処理のフローチャートである。該プロセッサが実行する、位置・速度ループ処理や、学習制御処理は従来と同様であるので省略し、本発明の特徴とする位置ずれ補正処理に関する処理のみを記載している。

【0035】運転が開始されると、数値制御装置1は、切削指令（例えば直線切削送りを示すコードG01等の加工指令）出力中は、共有メモリ12に設けられた加工中を示す加工中フラグF0を「1」にセットし、加工中でなければ（加工に関する指令を出力していないとき）、該フラグF0を「0」にセットする。

【0036】そこで、デジタルサーボ回路13のプロセッサは、該フラグF0を読み、加工中か否か判断する（ステップS1）。加工中でなければ、位置偏差Erを記憶するエラーレジスタに反転時の補正量の総和を記憶するレジスタALLの値を減算し、新たな位置偏差を求める（ステップS15）。なお、上記レジスタALLは電源投入時の初期設定で「0」にセットされており、最初は「0」である。次にこのレジスタALLを「0」にセットし（ステップS16）、さらに移動方向反転時の位置ずれ補正の処理中を示すフラグF1を「0」にセットし（ステップS17）、この移動指令が「0」か判断し（ステップS13）、「0」であれば、当該周期における位置ずれ補正処理は終了する。また、移動指令が「0」でなければ、該移動指令の符号をレジスタOLDに記憶し（ステップS14）、当該周期の位置ずれ補正処理を終了する。

【0037】一方、数値制御装置1から切削指令が出力され、加工中フラグF0が「1」の場合には（ステップS1）、移動指令が「0」か判断し（ステップS2）、「0」であればステップS5に移行し、移動指令が「0」ではない場合は、レジスタOLDに記憶する当該周期より前で、最終の移動指令の符号と、当該周期での移動指令の符号を比較し、その符号が反転しているか判断する（ステップS3）。符号が反転していなければ、ステップS5に移行し、符号が反転していることが検出されると、今まで移動していた方向と、今回の移動指令により移動しようとする方向が相違することを意味する。そのため、バックラッシュや、ボールねじのねじれ、ワークのたわみ等を補正する位置ずれ補正処理中を示すフラグD1を「1」にセットし、補正回数を計数するカウンタiを「0」にセットし、補正方向を判断するため反転時の移動指令を保持するレジスタM1に今回の移動指令を記憶し（ステップS4）、ステップS5に移行する。

【0038】ステップS5では、移動方向反転時の位置ずれ補正の処理中を示すフラグF1が「1」か判断する。このフラグF1は、初期設定で「0」にセットされ

ており、最初は「0」である。又、加工中ではない時にもこのフラグF1は「0」である。このフラグF1が「0」であれば、反転時の補正処理は行なわず、今回の移動指令が「0」か否か判断し（ステップS13）、「0」であれば、当該周期における位置ずれ補正処理は終了する。又、移動指令が「0」でなければ、該移動指令の符号をレジスタOLDに記憶し（ステップS14）、当該周期の処理を終了する。一方、ステップS5で、移動方向反転時の位置ずれ補正の処理中を示すフラグF1が「1」の場合、補正パターン計算処理を開始する（ステップS6）。

【0039】本実施形態においては、2つ補正パターンが選択できるようにしている。第1のパターンは、設定補正量を設定回数で分割し、この分割補正量を位置・速度処理周期毎の補正量として設定回数だけ補正するパターンで、補正量を均等に設定回数の各位置・速度処理周期毎出力するものである。第2のパターンは、最初の位置・速度ループ処理周期に大きな値の補正量を出力し、順次この補正量を減少させ、設定回数でこの補正量を「0」にするパターンである。

【0040】そこで、デジタルサーボ回路13のプロセッサがステップS6の補正パターン計算処理を開始すると、まず、選択設定されている補正パターンがパターン1か、パターン2かを判断する（ステップBS1）。もし、パターン1が選択されていれば、共有メモリに書き込まれている設定補正量を設定補正回数で割り、これを当該周期の補正值を記憶するレジスタRに格納し（ステップBS2）、指標iを「1」インクリメントし（ステップBS4）、該指標iの値が設定補正回数以上かを判断する（ステップBS5）、設定補正回数以上でなければ、当該周期の補正パターン計算処理は終了しメインの処理に復帰する。また、該指標iが設定補正回数以上になった場合には、補正パターン計算処理終了を示すフラグF2を「1」にセットし（ステップBS6）、メイン処理に復帰する。

【0041】一方、ステップBS1でパターン2が選択されていると判断されたときには、指標iの値を設定補正回数で除した値を1から減算し、その値を設定補正量に乗じて当該周期での補正值としてレジスタRに格納し（ステップBS3）、ステップBS4に移行する。その結果、最初は指標iの値が「0」であるから、設定値がそのまま当該周期の補正值となるが、以後の周期ではステップBS4で該指標iが「1」インクリメントされるから、各周期毎に、（設定値／補正回数）だけ順次減少した値がその周期の補正值となり、補正は最初は大きくその後は順次小さくなる補正がなされることになる。

【0042】メインの処理に復帰すると反転時の移動指令M1が正か判断し（ステップS7）、正であれば、今まで負の方向に移動していたものが、反転時には正の移動指令に変わったものである。そのため、バックラッシュ

補正は正方向に行なう必要がある。また、負方向への工具の移動により、工具はワークから正方向への力を受け正方向に振じれている。そのため、この振じれを解消させるためには正方向への補正が必要である。さらに、ワークは工具の負方向への切削圧力により負方向に変形しているので、この変形を解消するには正方向の補正が必要である。そこで、ステップS7で反転時の移動方向M1が正と判断されると、レジスタに記憶する当該周期の補正值の符号を「+」とした正の補正量を当該周期の補正量とする（ステップS9）。

【0043】また、ステップS7で反転時の移動指令M1が「負」と判断されたときには、今まで正の方向に移動していたものが、負の方向への移動指令に変わったものであるから、上述した状態とは逆となりレジスタRの値の符号を負とし、負の補正量とする（ステップS8）。そして、この補正量を指令位置から位置フィードバック量を減じた位置偏差値Erに加算して新たな位置偏差値とすると共に、加工中の総補正量を記憶するレジスタALLに上記加算した補正量を積算する（ステップS10）。

【0044】こうして、移動指令Pcからフィードバックされた位置のフィードバック量Pfを減じて得られた位置偏差値にこの位置ずれ補正による補正值が加算されて新たな位置偏差値が求められ、さらには、学習制御による補正值が加算されてこの位置偏差値が補正される。位置ずれ補正、学習制御による補正により補正された位置偏差値に、従来と同様に位置ループゲインが乗じられて速度指令が求められ、該速度指令に基づいて従来と同様の速度ループ処理がなされ、さらに速度ループ処理によって得られるトルク指令（電流指令）に基づいて電流ループ処理がなされてサーボモータの各相に電流が供給され、サーボモータ5は駆動される。なお、移動指令Pcから位置のフィードバック量Pfを減じて位置偏差値を求める点や、位置偏差に位置ループゲインを乗じて速度指令を求める処理、さらには速度ループ処理、電流ループ処理は図5の処理では省略している。

【0045】次に、フラグF2が「1」かを判断し、反転時の補正が終了したかを判断する（ステップS11）。該フラグF2が「0」であれば、反転時の補正が終了しておらず、このときは、今回の移動指令が「0」か否か判断し（ステップS13）、「0」であれば、当該周期における処理は終了する。また、移動指令が「0」でなければ該移動指令の符号をレジスタOLDに記憶し（ステップS14）、当該周期の処理を終了する。

【0046】次の周期では、ステップS1、S2、S3、S5と進み、フラグF1が前回の周期のステップS4で「1」にセットされているから、ステップS5からステップS6に進み、補正パターン計算処理（ステップS6、図6の処理）を行なう。この場合、指標iが前回の周期のステップBS4の処理で「1」インクリメント

されているので、補正パターン 2 が選択されている場合には前回の補正值よりも（補正量／補正回数）だけ少ない補正值が計算される（ステップ B S 3）。また、補正パターン 1 が選択されている場合には、前回の補正值と同じ補正值がレジスタ R に記憶されることになる（ステップ B S 2）。そして、ステップ S 7～S 10 の処理によって、計算された補正值によって位置偏差が補正され、さらに、加工中の総補正量を記憶するレジスタ A L L には補正值が加算されることになる。

【0047】以下各周期毎、ステップ S 1～S 3、S 5～S 14 の処理を繰り返し実行する内に、ステップ B S 5 で、指標 i の値が補正回数以上になったことが検出されると、フラグ F 2 が「1」にセットされ（ステップ B S 6）、メイン処理に復帰するから、メイン処理ではステップ S 11 からステップ S 12 に進みフラグ F 1、F 2 を「0」にセットし、今回の移動指令が「0」か判断し（ステップ S 13）、「0」であれば、当該周期における処理は終了する。また、移動指令が「0」でなければ、該移動指令の符号をレジスタ O L D に記憶し（ステップ S 14）、当該周期の処理を終了する。

【0048】次の周期では、ステップ S 1、S 2 と進み、当該周期の移動指令が「0」でなければ、レジスタ O L D に記憶する符号と、当該周期の移動指令の符号が異なるか否かを判断する（ステップ S 3）。符号が異なっていなければ、ステップ S 5 に進み、フラグ F 1 が「0」にセットされているから、ステップ S 5 からステップ S 13 に移行する。当該周期の移動指令が「0」であれば、そのまま処理は終了する。移動指令が「0」でなければ、ステップ S 14 の処理を行なって、当該周期の処理を終了する。以下、加工中フラグ F 0 が「1」である限り、移動指令が「0」でない場合は、ステップ S 1、S 2、S 3 の処理を行ない、移動指令の符号の反転があったかを判断し、符号の反転があると、前述したステップ S 4 以下の処理を行ない、ステップ S 5 以下の反転時の補正処理を行なうことになる。

【0049】一方、加工が終了し、数値制御装置のプロセッサによって加工中フラグ F 0 が「0」にセットされると、デジタル回路 13 のプロセッサは位置偏差値 E r からレジスタ A L L に記憶する加工中の反転時の補正量の累積値を減算する（ステップ S 15）。減算したら直ちに、このレジスタ A L L に「0」をセットする（ステップ S 16）。加工中にステップ S 10 で加算した補正量の累積値が、例えば正の値であるとすれば、移動指令以外にこの位置ずれ補正による正の値の補正量だけ余分に移動指令が加算されていることを意味する。この加工中の補正量の累積値はレジスタ A L L に記憶されているから、加工終了時にこのレジスタ A L L に記憶された値を位置偏差から減算すれば、数値制御装置から指令された位置指令よりも余分に指令した移動指令を和殺したことになる。このレジスタ A L L の値を減算した位置偏

差 E r に基づいて位置、速度、電流のループ処理を行なえば、サーボモータ 5 の位置はプログラムで指令された位置と同じになる。

【0050】図 7、図 8、図 9 は、ピストンリングを加工したときの、従来の方法による加工と、本発明の上記一実施形態により加工したときの実験結果を表す図である。

【0051】ピストンリングは非常に細いため、切削圧力によりワークがたわんでしまい加工精度が悪い。そして、ピストンリングはピストンに装着した状態では円状になるが、加工形状はハート型である。そのため、ワークを回転させながら工具軸（Y 軸）を移動させ切削すると工具軸（Y 軸）は 4 回の移動方向の反転がある。そこで、図 7～図 9 は、反転が生じるピストンリング（ハート型）の 60 度、180 度の回転位置の指令位置、モータ位置、ワーク位置（半径方向の長さ）を測定したものであり、図 7～図 9 において、横軸は角度、縦軸は半径方向の長さである。

【0052】図 8 は、従来のバックラッシュ補正も、本発明の位置ずれ補正を行なわず、学習制御を行なってピストンリングを加工したときの指令位置とワーク位置（ワーク形状）を表す。また図 7 はこのときの指令位置とサーボモータの位置を表す。図 7 に示すとおり、学習制御が行われていることから、指令位置とサーボモータの位置は一致している。しかし、ワークの加工形状を測定すると図 8 に示すように加工誤差が生じている。特に図 8（a）に示すように、反転前の工具刃先がワークからにげる方向に移動している間（半径が増大している間）では、切削圧力は小さく、ワークのたわみは少ない、そのため、指令位置とワーク位置（ワーク形状）のずれは非常に少ない。しかし、反転後では、工具刃先がワークに対して突っ込む方向（半径が小さくなる方向）であるから、切削圧力によってワークが中心側にたわむため、刃先が指令された位置を移動しても、加工後にこのたわみが戻り、指令どおりの加工形状が得られていないことが分かる。

【0053】図 9 は、従来のバックラッシュ補正も、本発明の位置ずれ補正を行なわず、学習制御を行なってピストンリングを加工したときの指令位置とワーク位置のずれ量（図 8 に示すずれ量）に基づいて位置ずれ補正量を求め、本発明を適用して位置ずれ補正を行なって加工したときの指令位置とワーク位置の測定値である。ワーク位置は指令位置にほぼ追従し加工精度が向上していることが分かる。

【0054】なお、上述した実施形態では、位置ずれ補正コントローラ 9 による位置ずれ補正量にバックラッシュ補正量をも含めたものとした。即ち、加工形状毎にこの位置ずれ補正量を測定もしくは予測する際、従来のバックラッシュ補正を行なわずに加工を行なって得られた指令位置とワーク位置のずれを測定もしくは予測し、

測定値もしくは予測値に基づいて位置ずれ補正量を求めている。そして、実際に加工する際には、この時も従来のバックラッシュ補正を行なわず、位置ずれ補正コントローラによる位置ずれ補正のみを行なうようにしている。

【0055】しかし、図2に示すように、数値制御装置1によって予め設定されているバックラッシュ補正量が移動方向反転時に加算されるもので、このようなバックラッシュ補正をして加工したワーク位置と指令位置との誤差を測定し（もしくは予測し）、この測定値（予測値）に基づいて位置ずれ補正コントローラ9の位置ずれ補正量を求めた場合には、この位置ずれ補正量は、移動方向反転時におけるバックラッシュ補正の誤差及びワークのたわみ、機械のねじれによる指令値とワーク位置の誤差となる。そして、実際に加工するときには、数値制御装置1は従来と同様なバックラッシュ補正を行なうと共に、位置ずれ補正コントローラ9によって、加工形状後に設定された補正量が補正されることになる。

【0056】

【発明の効果】本発明は、切削反力によるワークのたわみをも補正して加工を行なうから、切削反力によってたわむようなワークに対してでも加工精度を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態におけるサーボ制御システムの機能ブロック図である。

【図2】従来から行われている学習制御をも行なうセミクローズド・ループ方式のサーボ制御システムの機能ブロック図である。

【図3】従来から行われている学習制御をも行なうフルクローズド・ループ方式のサーボ制御システムの機能ブロック図である。

【図4】本発明の一実施形態を実施するサーボモータ制

御系のブロック図である。

【図5】本発明の一実施形態における位置ずれ補正処理のフローチャートである。

【図6】同実施形態における補正パターン計算処理のフローチャートである。

【図7】ビストンリング加工における位置ずれ補正を行なう前の指令位置とモータ位置を示す図である。

【図8】ビストンリング加工における位置ずれ補正を行なう前の指令位置とワーク位置を示す図である。

【図9】ビストンリング加工における位置ずれ補正を行なったときの指令位置とワーク位置を示す図である。

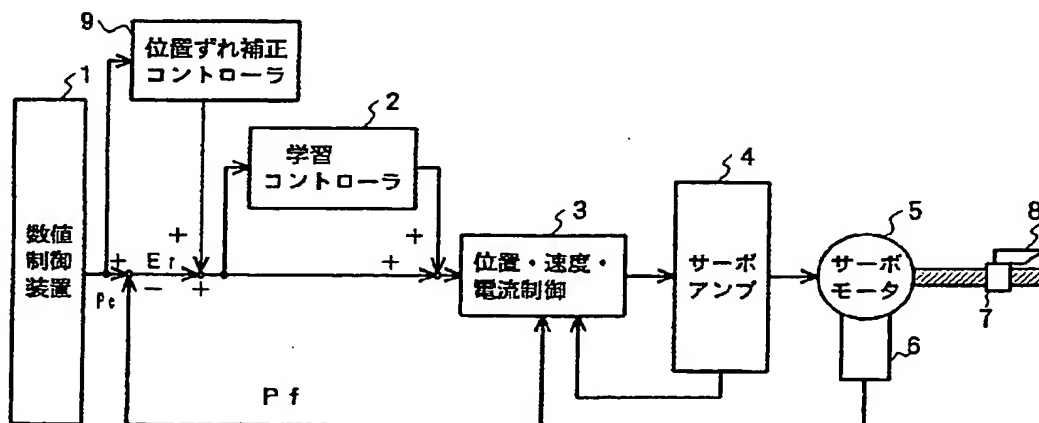
【図10】加工形状によって位置ずれが異なるとき、従来のバックラッシュ補正方法によってこの位置ずれを補正しようとするときの加工プログラムの作成手順を示す図である。

【図11】加工形状によって位置ずれが異なるとき、本発明の方法によってこの位置ずれを補正しようとするときの加工プログラムの作成手順を示す図である。

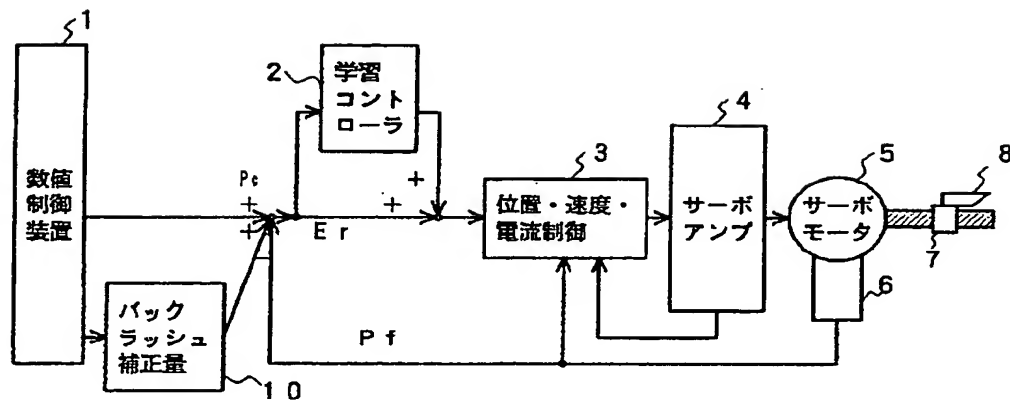
【符号の説明】

- 1 数値制御装置
- 2 学習コントローラ
- 3 位置・速度・電流制御回路
- 4 サーボアンプ
- 5 サーボモータ
- 6 位置・速度検出器
- 7 ボールネジ／ナット機構
- 8 工具
- 9 位置ずれ補正コントローラ
- 10 位置検出器
- 11 速度検出器
- 12 共有メモリ
- 13 デジタルサーボ回路

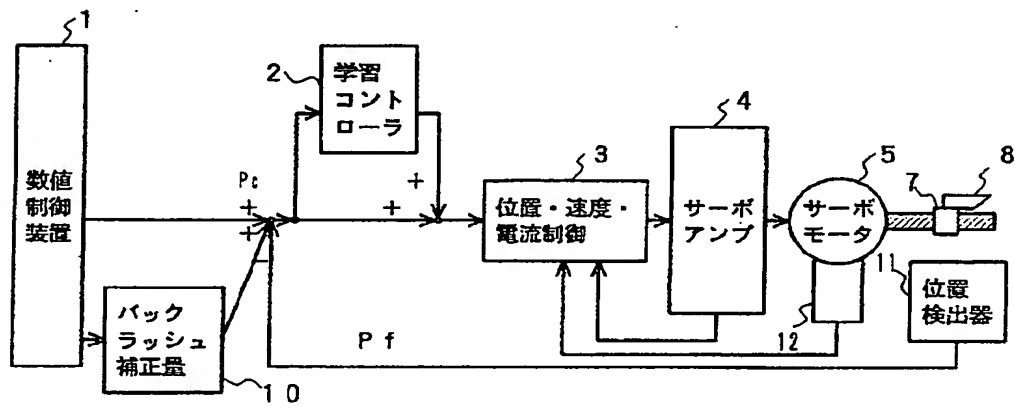
【図1】



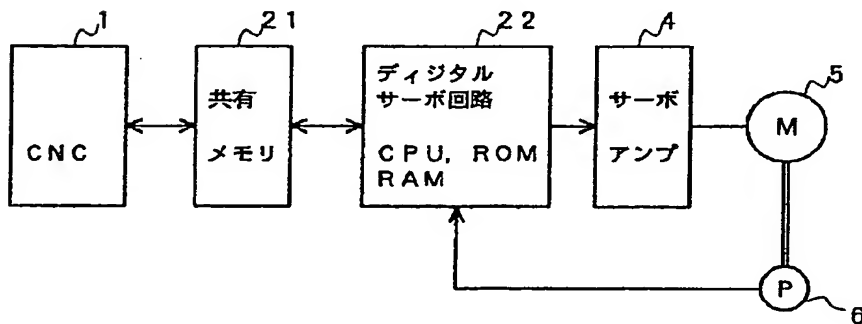
【図2】



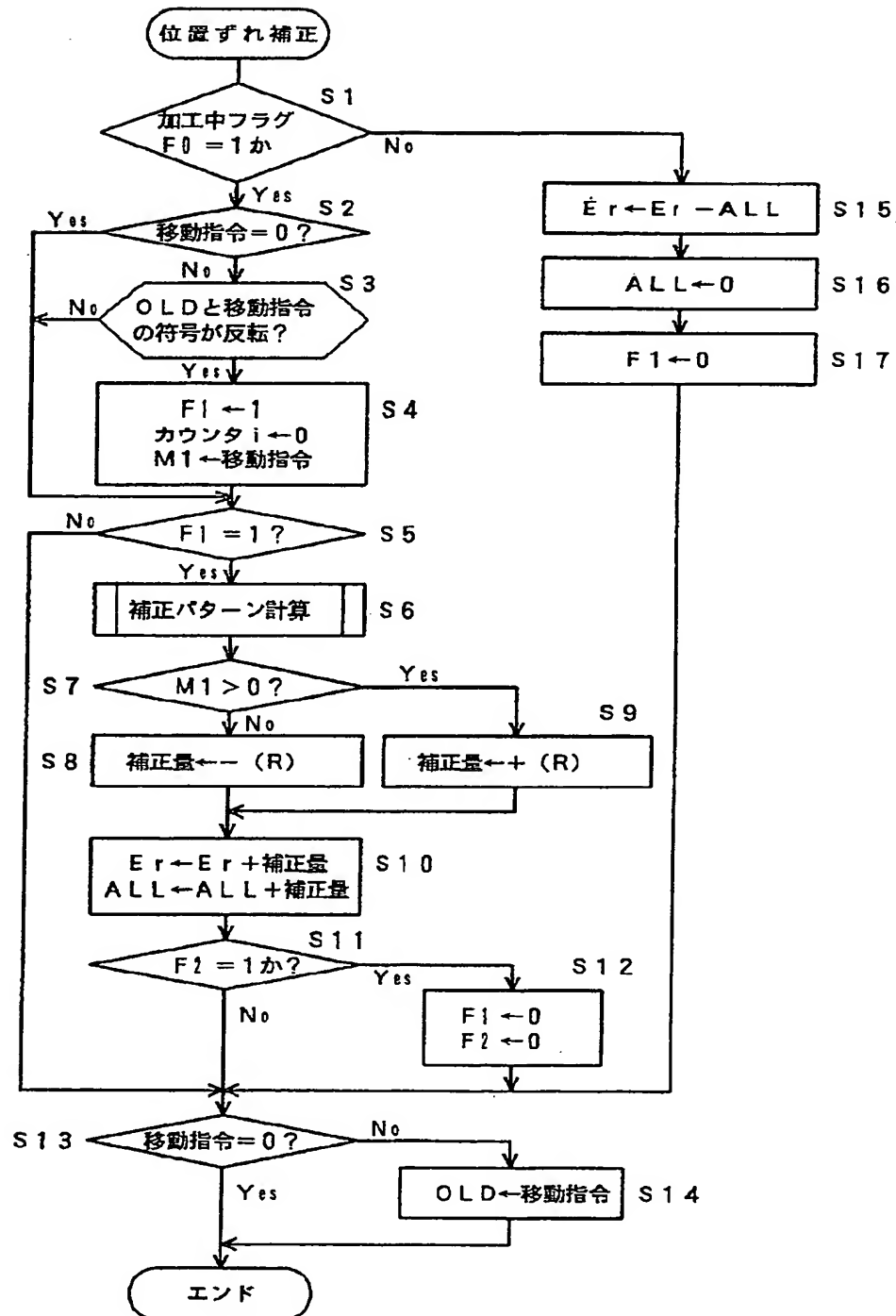
【図3】



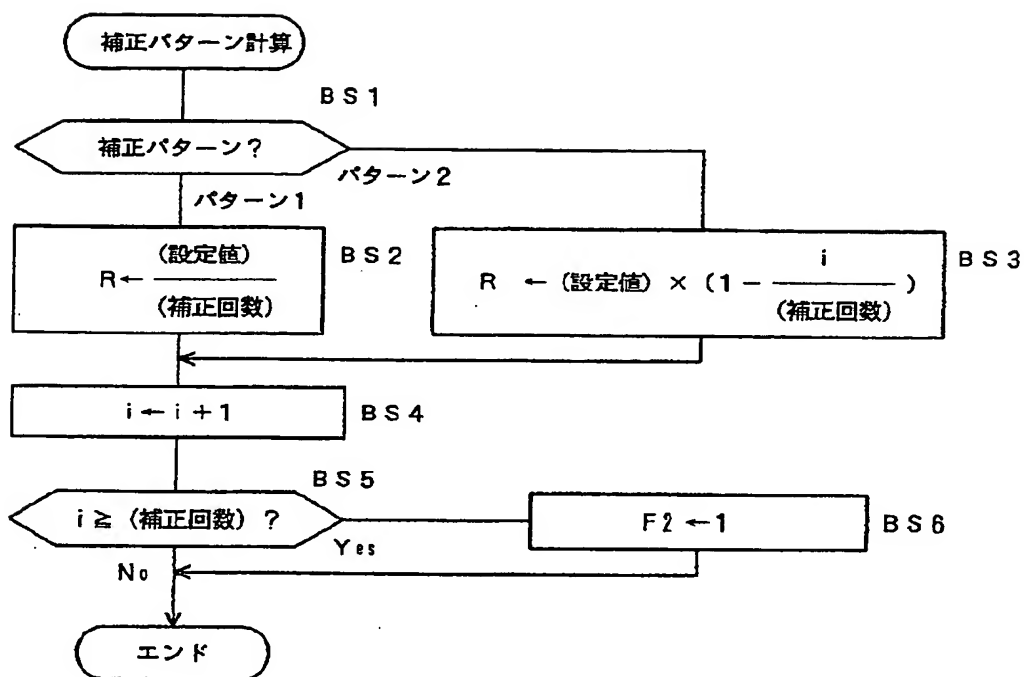
【図4】



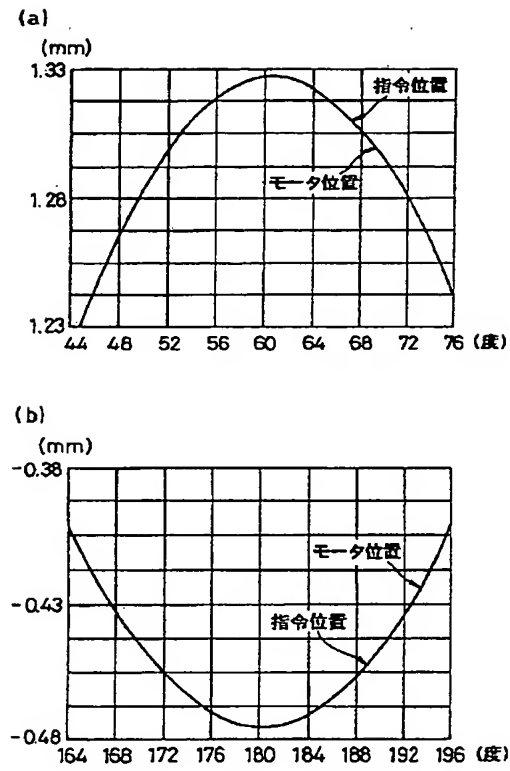
【図5】



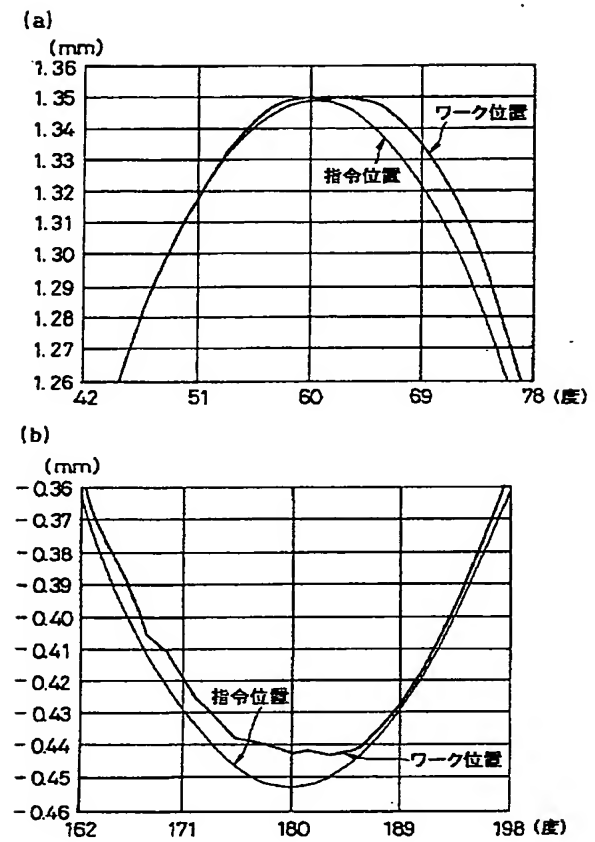
【図6】



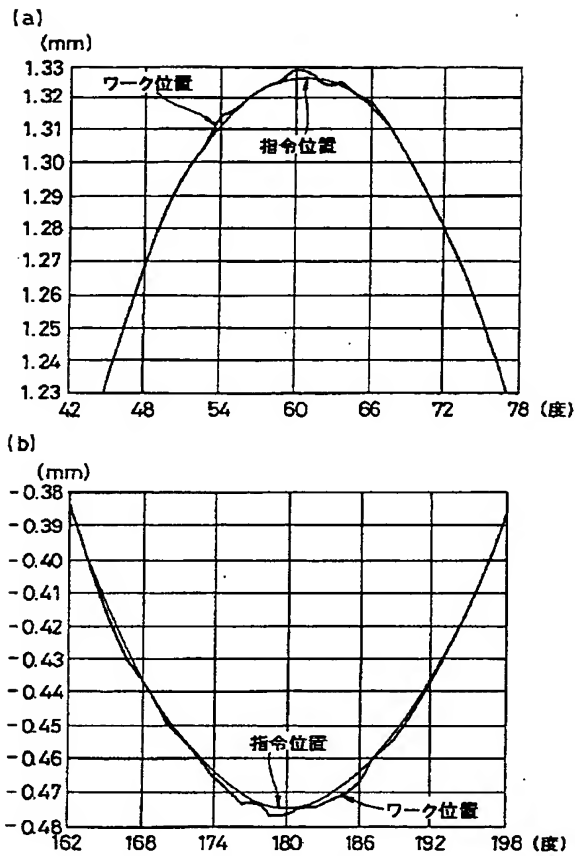
【図7】



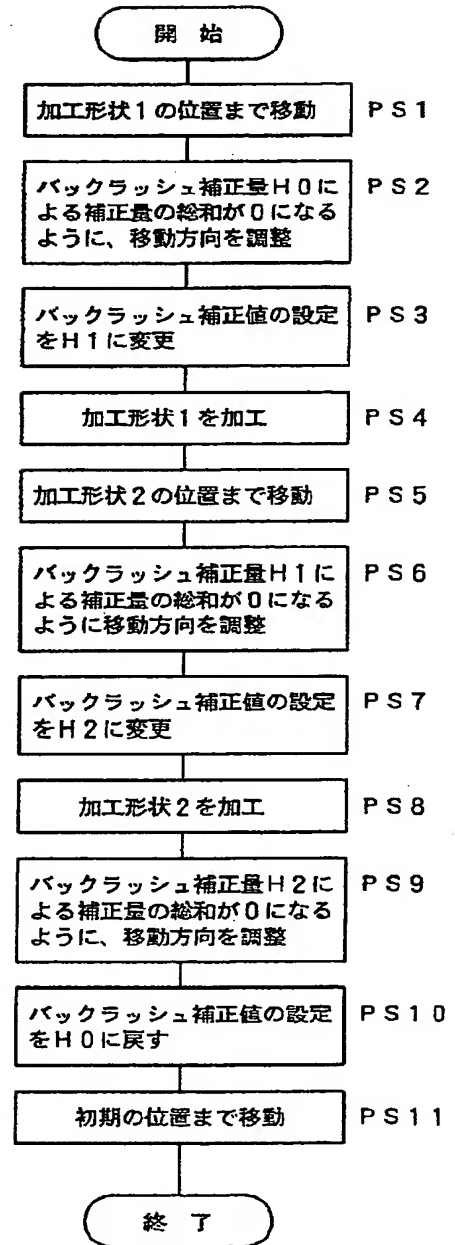
【図8】



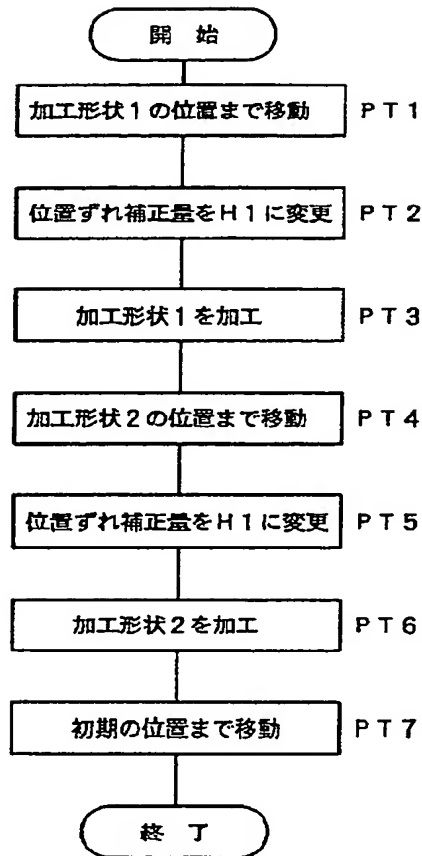
【図9】



【図10】



【図11】



【手続補正書】

【提出日】平成10年4月16日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 移動方向反転時における指令位置と実際の位置のずれ量を予め測定もしくは予測し、加工プログラム中の加工形状の加工指令と共に、上記ずれ量に基づいて補正量を設定しておき、加工時において移動指令の方向が反転した時、該移動指令に対して上記補正量を補正するようにした移動方向反転時の位置補正方法。

【請求項2】 1つのワークを複数の加工形状に別けて加工する場合、加工形状毎に移動方向反転時における指令位置と実際の位置のずれ量を予め測定もしくは予測し、加工プログラム中の各加工形状の加工指令と共に、

該加工形状に対応する上記ずれ量に基づいて補正量を設定しておき、各加工形状の加工時において移動指令の方向が反転した時、該移動指令に対して上記補正量を各々補正するようにした移動方向反転時の位置補正方法。

【請求項3】 上記補正量の補正は、設定されたパターンによって補正する請求項1または請求項2記載の移動方向反転時の位置補正方法。

【請求項4】 加工中、上記補正量を積算しておき、加工終了時にその積算された値に符号を反転させたものを移動指令として出力する請求項1乃至3の内1項記載の移動方向反転時の位置補正方法。

【請求項5】 同一加工を繰り返して行なう加工であって、学習制御をも共に行なう請求項1乃至4の内1項記載の移動方向反転時の位置補正方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正内容】

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明は、移動方向反転時における指令位置と実際の位置のずれ量を予め測定しもしくは予測し、加工プログラム中の加工形状の加工指令と共に、上記ずれ量に基づいて得られる補正量を設定しておき、加工時において移動指令の方向が反転した時、該移動指令に対して上記補正量を補正するようにする。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正内容】

【0020】また、1つのワークを複数の加工形状に別けて加工する場合、加工形状毎に移動方向反転時における指令位置と実際の位置のずれ量を予め測定しもしくは予測し、加工プログラム中の各加工形状の加工指令と共に、該加工形状に対応する上記ずれ量に基づいて得られた補正量を設定しておき、その加工形状の加工時において移動指令の方向が反転した時、該移動指令に対して上記補正量を各々補正するようにする。さらに、この補正量の補正は設定されたパターンによって補正する。加工中に補正量を積算し、加工終了時にこの積算された値に符号反転させたものを移動指令として出力する。また、同一加工を繰り返す加工に適用し、学習制御をも共に上記移動方向反転時の移動指令の補正をも行なう。